n. 27 - L. 12.900 - 6,66 euro

TEORIA

Logica combinatoria

CONTROLLO

Indicatore del livello dei liquidi con display

AUDIO

Filtro a eliminazione di banda

VCO a frequenze udibili

DIGITALE

Circuito combinatore (I)

Circuito combinatore (II)

Circuito combinatore (III)

LABORATORIO

Consigli per la saldatura

IN REGALO in questo fascicolo

2 Condensatori da 100 pF ceramici
2 Condensatori da 100 nF ceramici
1 Condensatore da 47 nF ceramico
2 Resistenze da 4K7, 5%, 1/4W
2 Resistenze da 270 Ω, 5%, 1/4W

9 771129 409005 00027

Peruzzo & C.

COSTRUISCI CON NOI IL TUO LABORATORIO PER REALIZZARE 100 ESPERIMENTI

NUOVO METODO PRATICO PROGRESSIVO

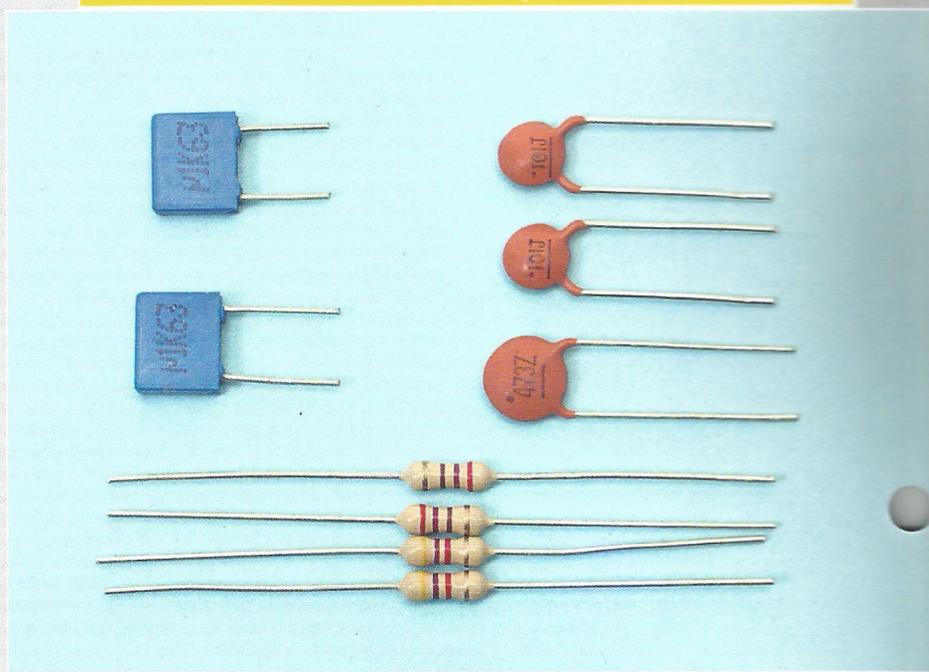
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Direttore operativo:
VALENTINO LARGHI
Direttore tecnico:
ATTILIO BUCCHI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP s.a.s.
Pianificazione tecnica:
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1423 dell'12/11/99. Spedizione in abbonamento postale, gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963 Stampa: Europrint s.r.l., Zelo Buon Persico (LO). Distribuzione: SO.DI.P. S.p.a., Cinisello Balsamo (MI).

LABORATORIO DI ELETTRONICA si compone di 52 fascicoli settimanali da collezionare in 2 raccoglitori

Costruisci il tuo LABORATORIO e pratica subito con L'ELETTRONICA

Controlla i componenti IN REGALO in questo fascicolo

2 Condensatori da 100 pF ceramici
2 Condensatori da 100 nF ceramici
1 Condensatore da 47 nF ceramico
2 Resistenze da 4K7, 5%, 1/4W
2 Resistenze da 270 Ω, 5%, 1/4W

In questo numero vengono forniti altri componenti con cui potremo portare a termine molti esperimenti.

Logica combinatoria

Si utilizza in circuiti logici la cui uscita dipende esclusivamente dallo stato delle entrate.

I circuiti combinatori sono quelli in cui gli stati dell'uscita, o delle uscite, cioè il livello di tensione '1' o '0', dipende esclusivamente dalle entrate. Le stesse combinazioni di entrata producono sempre i medesimi stati di uscita, a differenza dei circuiti sequenziali, in cui la stessa combinazione di segnali d'entrata può dar luogo a differenti stati di uscita (ne sono un esempio i contatori). I circuiti combinatori più semplici sono le porte logiche.

Parleremo del circuito partendo da alcune premesse iniziali e passando, poi, per un'espressione logica, o equazione, che costituisce l'inizio del progetto dei circuiti digitali.

A

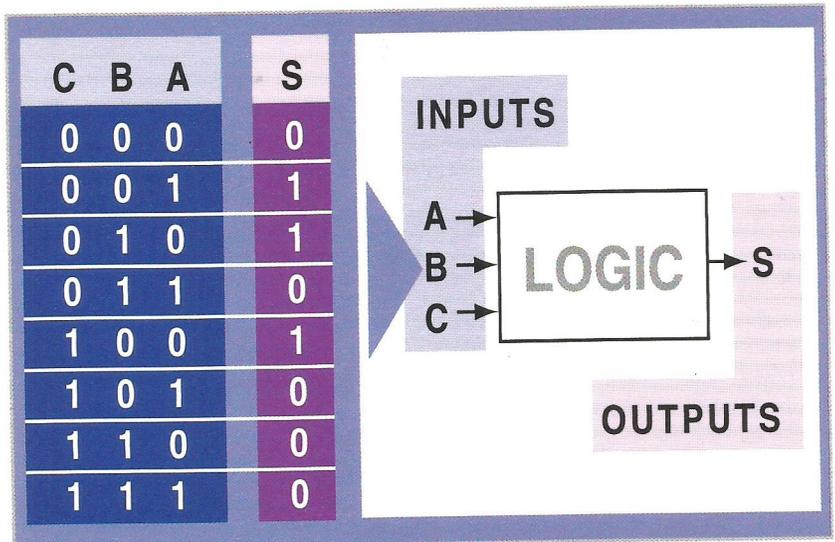
$$F = A\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}BCD + A\bar{B}\bar{C}D + ABCD + ABC\bar{D}$$

B

$$F = (\bar{A}+B+C)\,(A+\bar{B}+\bar{C})\,(A+B+C)\,(\bar{A}+\bar{B}+\bar{C})$$

Le espressioni canoniche possono essere poste sotto forma di somma dei prodotti (a) e sotto forma di prodotto della somma (b).

C	B	A	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

INPUTS: A, B, C → LOGIC → S (OUTPUTS)

Nella tavola delle verità si riflettono tutti gli stati delle entrate e delle uscite che il circuito logico avrà.

Processo di sviluppo

Spieghiamo i principi fondamentali dei circuiti combinatori di base basati sulle porte logiche. Nello sviluppo di un circuito logico, una volta definita la funzione che il circuito deve realizzare, il passo successivo è la creazione della corrispondente tavola delle verità. In questa tavola devono figurare tutti gli stati logici che le uscite dovranno assumere in funzione delle entrate.

A partire da questa ta-

Nei mintermini, le variabili che valgono uno '0' logico sono rappresentate come negate ma non quelle che valgono '1'.

Logica combinatoria

C	B	A	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

La funzione di uscita sarà la somma di tutti i prodotti dell'entrata che abbiano come uscita '1'.

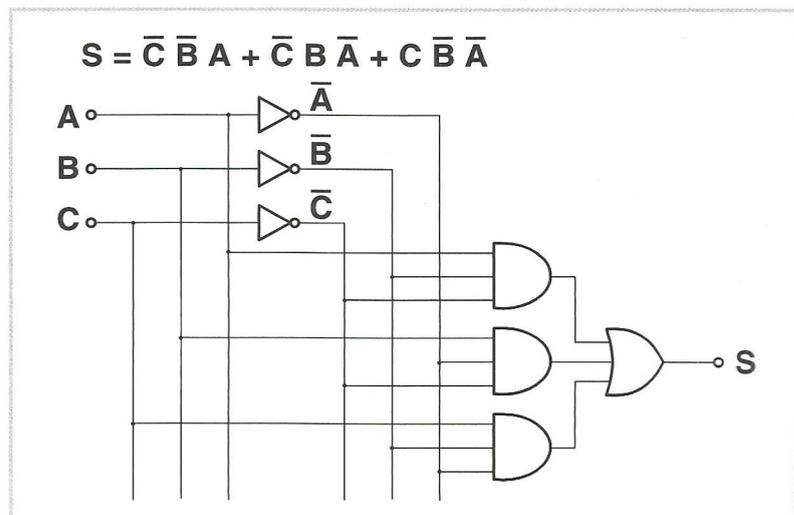
vola delle verità, si ottengono delle espressioni logiche iniziali denominate espressioni canoniche, che sono caratterizzate dal fatto che in ogni termine (prodotto o somma) appaiono tutte le variabili, sia nella loro forma diretta che in quella negata. Il successivo passaggio consiste in una eventuale semplificazione delle espressioni canoniche, cosicché anche i circuiti siano il più possibile semplici. L'ultimo passaggio è costituito dalla realizzazione pratica, che si realizza utilizzando i circuiti integrati esistenti sul mercato. Possiamo pertanto, riassumere il processo di sviluppo in cinque passaggi:

1 - definizione delle funzioni del circuito;
2 - realizzazione della tavola delle verità;
3 - conseguimento delle espressioni canoniche;
4 - semplificazione delle espressioni canoniche;
5 - realizzazione pratica.

Espressioni canoniche della funzione

Abbiamo detto pocanzi che un'espressione canonica è un'espressione logica nella quale in ogni termine appaiono tutte le variabili. Questa espressione si evidenzia direttamente dalla tavola delle verità ed è la base per lo sviluppo del futuro circuito.

Esistono due tipi di espressioni canoniche:

1 - Espressione sotto forma di somma dei prodotti: ogni termine è il prodotto di tutte le variabili. In gergo tecnico questo tipo di termine viene chiamato minitermini e, quindi, anche queste espressioni vengono chiamate espressioni in minitermini della funzione.

Il circuito logico rappresenta fedelmente l'equazione di uscita.

Logica combinatoria

2 - Espressione sotto forma dei prodotti delle somme: ogni termine è la somma tra tutte le variabili. Questi termini sono chiamati minterms e, quindi, anche le espressioni vengono chiamate espressioni in minitermini della funzione.

Espressioni canoniche in minitermini

È la maniera più normale di scrivere le espressioni per ottenere un circuito. Vediamo un esempio nel quale potremo seguire tutto il processo di un ciclo completo di sviluppo fino al raggiungimento del circuito logico.

Supponiamo di avere un circuito con tre entrate – A, B e C – e con uscita S. L'uscita deve attivarsi (essere posta a '1') solamente quando una delle sue entrate è a '1'. Se più di un'entrata è attiva, l'uscita deve essere '0'; lo possiamo vedere nell'illustrazione. Se osserviamo la tavola, vediamo che l'uscita assume il valore '1' in tre casi che corrispondono alle combinazioni binarie dell'entrata 001, 010 e 100.

Per avere l'espressione logica nella sua forma canonica di somma dei prodotti faremo come segue:

1 - A ciascuna delle combinazioni d'entrata per cui l'uscita sia S = 1 corrisponde un prodotto logico costituito da tutte le variabili d'entrata. Le variabili a '0' appaiono come negate, mentre quelle a '1' sono in forma diretta.
2 - Ciascuno dei termini dei prodotti si somma. Il risultato sarà una funzione logica nella sua forma canonica di somma dei prodotti.

In ciascuno dei termini appaiono tutte le variabili, sia nella loro forma diretta che in quella complementata: è proprio questo che caratterizza le espressioni canoniche.

A partire da qui, possiamo realizzare il circuito logico, che risponderà alle specifiche iniziali e che potrà, eventualmente, essere semplificato. Nell'illustrazione possiamo vedere il circuito corrispondente a questo esempio: ci dà un'idea del processo da seguire a partire dalla tavola delle verità. La norma, quando il circuito ci interessa, è quella di semplificare la funzione, e ciò implica la semplificazione del circuito logico corrispondente.

Somma dei prodotti
- **0 → Variabile diretta**
- **1 → Variabile negata**

Esempi
- 0 0 1 → $C\,B\,\bar{A}$
- 0 1 0 → $C\,\bar{B}\,A$
- 1 0 0 → $\bar{C}\,B\,A$

Nei minterms le variabili che sono '1' logico vengono rappresentate come negate, mentre quelle che sono '0' logico no.

C B A	S	
0 0 0	0	→ $C+B+A$
0 0 1	1	
0 1 0	1	
0 1 1	0	→ $C+\bar{B}+\bar{A}$
1 0 0	1	
1 0 1	0	→ $\bar{C}+B+\bar{A}$
1 1 0	0	→ $\bar{C}+\bar{B}+A$
1 1 1	0	→ $\bar{C}+\bar{B}+\bar{A}$

$$S=(C+B+A)\,(C+\bar{B}+\bar{A})\,(\bar{C}+B+\bar{A})\,(\bar{C}+\bar{B}+A)\,(\bar{C}+\bar{B}+\bar{A})$$

La funzione dell'uscita sarà il prodotto delle sommatorie dell'entrata la cui uscita sia '0'.

Logica combinatoria

Espressioni canoniche in maxitermini

In questo caso, l'espressione canonica è espressa dai prodotti delle somme, invece che dalla somma dei prodotti. Ogni termine è la somma di tutte le variabili nella loro forma diretta o negata.

Per ottenere la funzione sotto forma dei prodotti delle somme seguiremo i seguenti passaggi:

1 - A ogni combinazione di entrate tale per cui la funzione sia '0' corrisponderà una somma composta da tutte le variabili d'entrata; le variabili a '0' appaiono nella loro forma diretta, mentre quelle a '1' appaiono nella loro forma negata.

2 - Ciascuno di questi termini, somme, è in relazione con l'operazione prodotta. Appare, così, l'espressione logica della funzione nella sua forma canonica di prodotto delle somme - detta semplicemente espressione in maxitermini. Possiamo osservare che si opera in maniera inversa rispetto a come si faceva per ottenere l'espressione come somma dei prodotti.

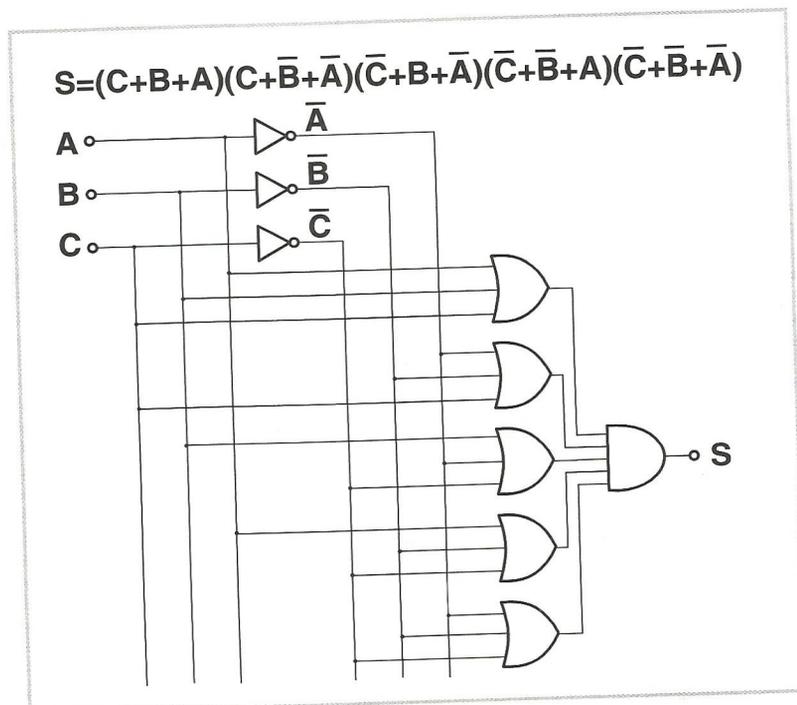
Vediamo un esempio grazie al quale, partendo da questo, otterremo un circuito logico. Se osserviamo l'illustrazione, vediamo che le combinazioni dell'entrata che producono un'uscita sia '0' sono cinque; appariranno, pertanto, cinque funzioni di somma. L'espressione della funzione si compone del prodotto di tutti questi termini.

Nel circuito corrispondente a questa espressione logica, l'uscita è a '0' per tutte le combinazione d'entrata indicate. Nelle restanti combinazioni, l'uscita sarà a '1'.

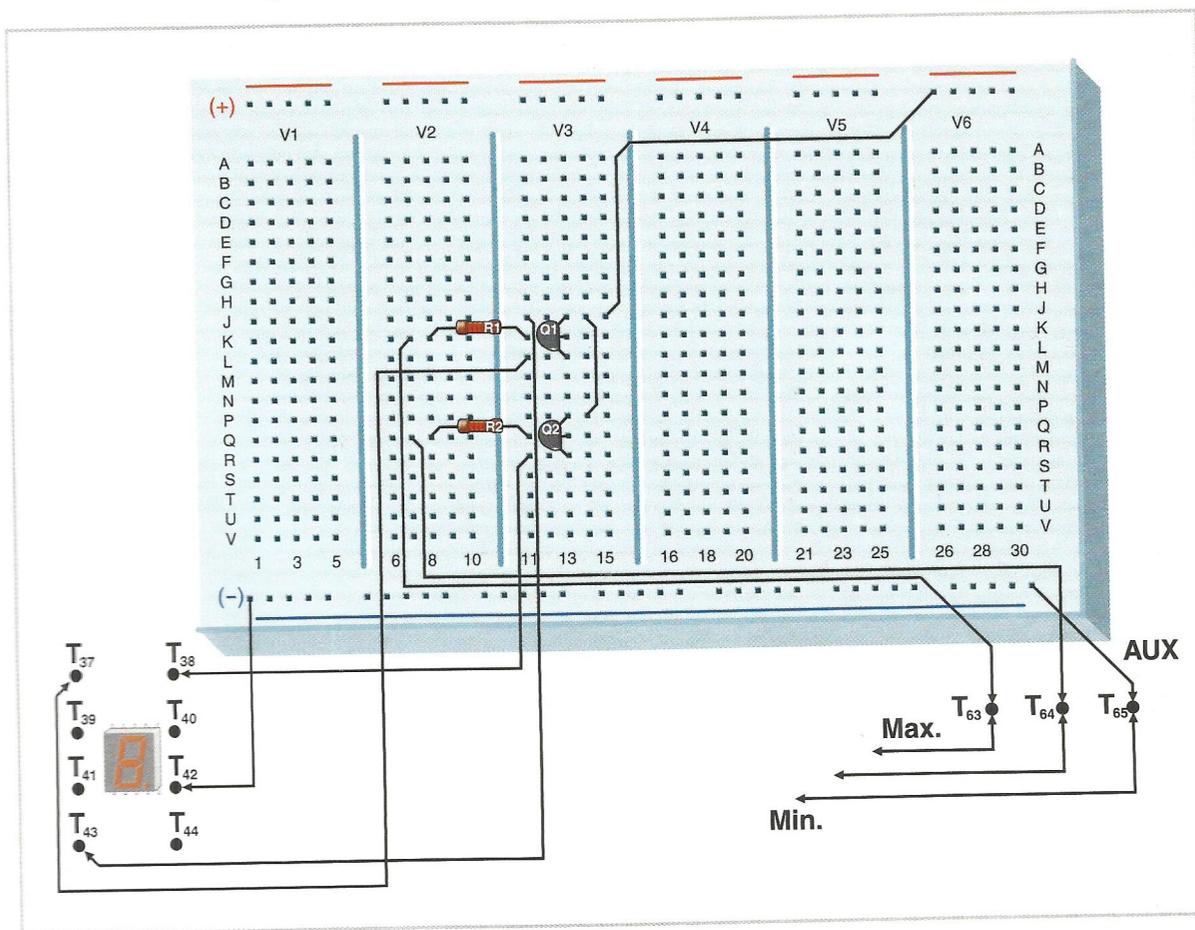
Le espressioni canoniche in minitermini e in maxitermini, quindi, sono equivalenti a livello operativo: generano la medesima funzione logica, anche se in maniera differente e con differenti circuiti logici. Proprio come si può dedurre, il circuito di questo esempio, corrispondente all'espressione in maxitermini, è più complicato rispetto a quello corrispondente all'espressione in minitermini. Tuttavia, non è sempre così: decideremo volta per volta se i circuiti saranno più semplici se realizzati in minitermini o in maxitermini. Dobbiamo scegliere, quindi, la modalità che più ci conviene per portare a termine il nostro montaggio. Dobbiamo dire, comunque, che di norma le equazioni appaiono come somma dei prodotti.

Negazione

Nelle equazioni logiche si utilizza la negazione, detta anche inversione. Quando c'è uno '0' e lo si inverte, esso diventa '1' e viceversa. La negazione viene espressa mediante un trattino orizzontale situato sopra la lettera, o sopra l'espressione da invertire. Una lettera, o un'espressione, risulta uguale a se stessa quando viene negata due volte: lo si fa, a volte, come passaggio intermedio per semplificare le equazioni.

Le funzioni logiche di uscita possono essere semplificate e, di conseguenza, si riduce anche il corrispondente circuito elettronico: questo presuppone una riduzione di spazio, oltre che di costi, ma vedremo tutto ciò in seguito.

Il circuito logico è un fedele riflesso dell'equazione di uscita.

Indicatore del livello dei liquidi con display

I diodi orizzontali del display hanno il compito di indicare il livello dell'acqua.

Il circuito indica su di un display il livello dell'acqua mediante dei LED corrispondenti ai segmenti a, d e g. In realtà, i livelli sono due e verranno indicati, rispettivamente, mediante i diodi del segmento g o del segmento a, che segnalerà il massimo livello.

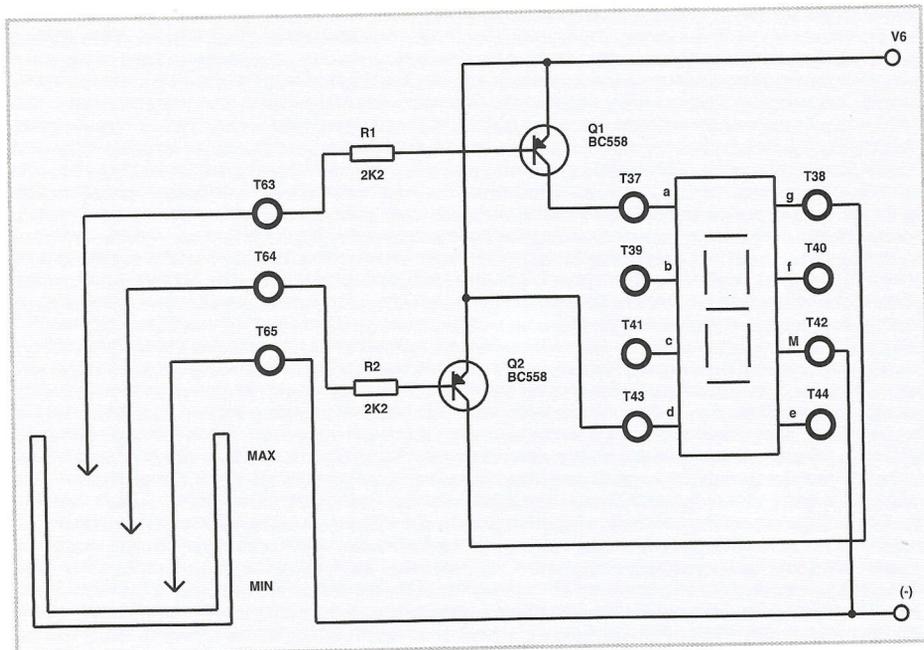
Il circuito

Il principio di cui all'inizio ci siamo avvalsi per rilevare il livello dell'acqua è la conduttività che quest'ultima possiede se viene attraversata da una corrente elettrica. Il LED corrispondente al segmento d – indicherà il deposito vuoto – sarà sempre illuminato. Per ciascuno degli altri due livelli viene utilizzato un transistor PNP che ne regola la diretta attivazione. A questo scopo, lo si fa lavorare in stato di commutazione: o tutto o niente. Se le basi dei transistor sono aperte, i transistor non conducono perché sono entrambi interdetti e ambedue i LED quindi, sono spenti. Le basi, invece, sono state collegate a massa attraverso l'acqua che unisce elettricamente i cavi collegati ai terminali T63, T64 e T65. Possiamo sorprenderci, osservando lo schema, notando che i due transistor non hanno né la resistenza del collettore né quella dell'emittitore: ci stiamo dimenticando che il circuito stesso del display ha una resistenza per ogni segmento. Le correnti circolanti in base sono piccole; in questo modo eliminiamo gli effetti dell'elettrolisi.

Il sensore è un cavo senza copertura

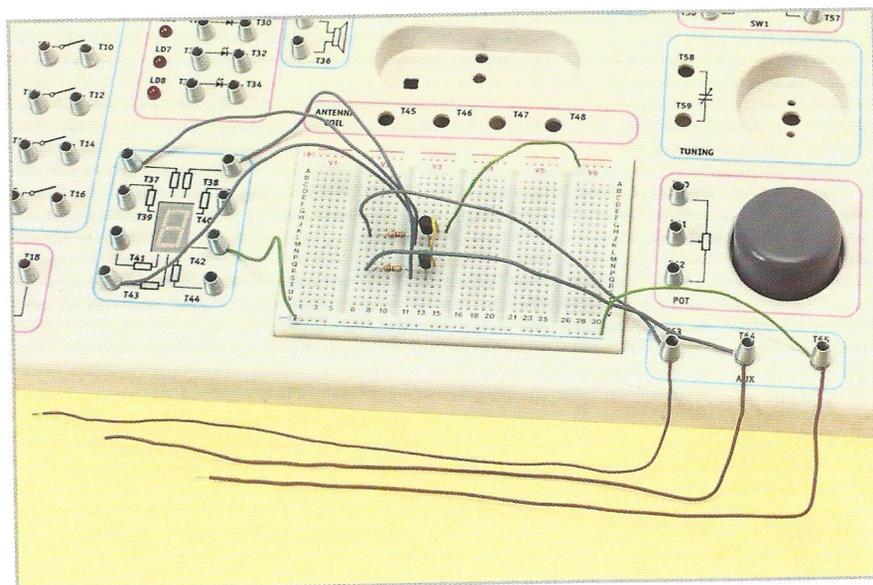
Funzionamento

La cosa più importante è collocare il cavo collegato al terminale T65 – negativo dell'alimentazione – sul fondo del recipiente, il cavo corrispondente al terminale T63 nella parte superiore del recipiente e

Indicatore del livello dei liquidi con display

COMPONENTI	
R1, R2	2K2
Q1, Q2	BC558
DISPLAY	

quello che corrisponde al terminale T64 a metà del recipiente. Così, in assenza dell'acqua, il segmento g resterà illuminato. Aggiungendo dell'acqua, quando essa arriva circa a metà del recipiente, si illuminerà il segmento d. Infine, se il livello dell'acqua continua a salire, quando giunge a toccare il cavo del sensore collocato in cima al recipiente e collegato a T63, il segmento a si illuminerà, indicando che il recipiente è pieno.

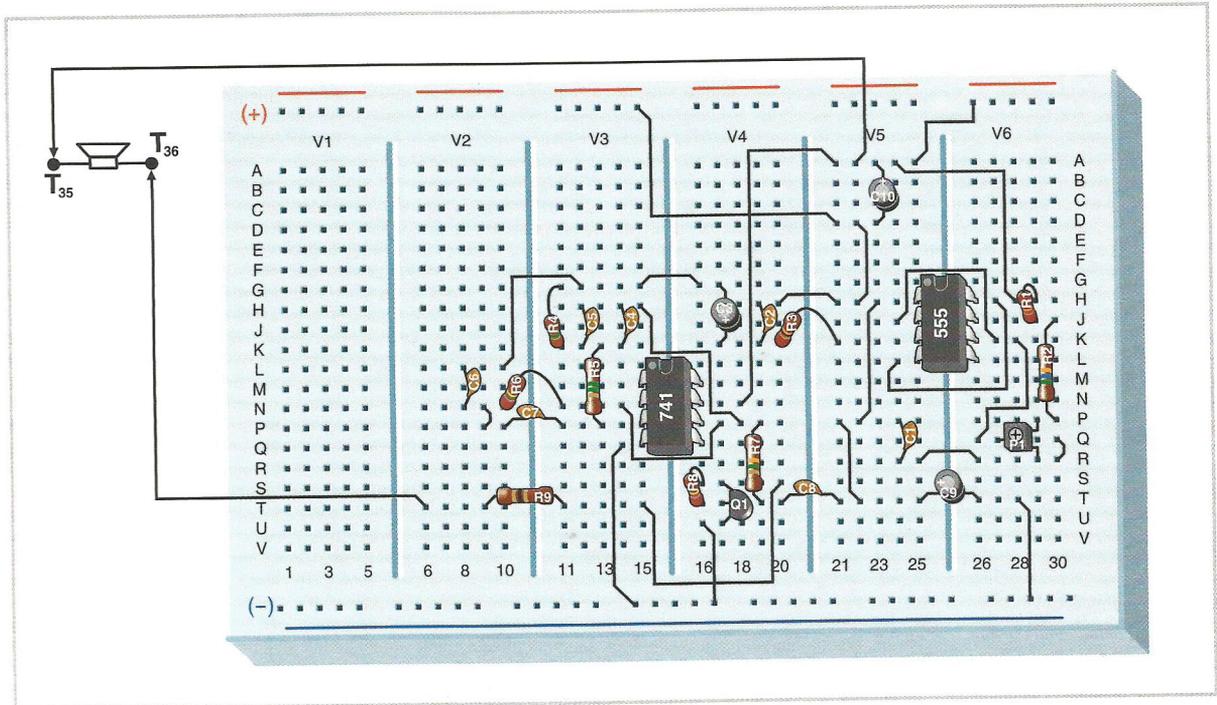
Raccomandazioni

Non possiamo utilizzare questo montaggio per serbatoi di uso domestico: possono generarsi sostanze nocive. Consigliamo di effettuare l'esperimento con un bicchiere di plastica e di togliere l'acqua non appena abbiamo finito. Ad ogni modo, per fare delle prove, si raccomanda di stagnare tutte le parti di filo che verranno introdotte in acqua.

Ogni cavo dovrà essere spellato all'estremità e quindi stagnato.

Esperimento

Il circuito non permette di effettuare molti cambiamenti, tuttavia, possiamo aumentare il valore delle resistenze R1 e R2 per vedere fino a che valore si possa diminuire la corrente della base quando il transistor è in stato di commutazione. Anche in questo modo possiamo ridurre l'effetto dell'elettrolisi. Possiamo anche collegare il connettore di Q2 ai segmenti c ed e, e il collettore di Q1 ai segmenti b e f.

Filtro a eliminazione di banda

Attenua le frequenze più vicine a 1 kHz.

Questo circuito è un filtro a eliminazione di banda attivo la cui frequenza centrale è approssimativamente di 1 kHz. Non possiamo variare questa frequenza perché i componenti sono stati scelti in funzione della frequenza, ma possiamo allontanarci un poco dal suo valore sfruttando la tolleranza degli elementi. I condensatori C6 e C7 devono essere uguali; possiamo ottenere il terzo condensatore del filtro con due condensatori identici collegati in parallelo, così da avere esattamente il doppio del valore di C6, oppure del valore di C7, e così da far funzionare correttamente il filtro. Le resistenze R4 e R5 avranno il medesimo valore, mentre R6 sarà la metà.

Elimina un tono

Il circuito

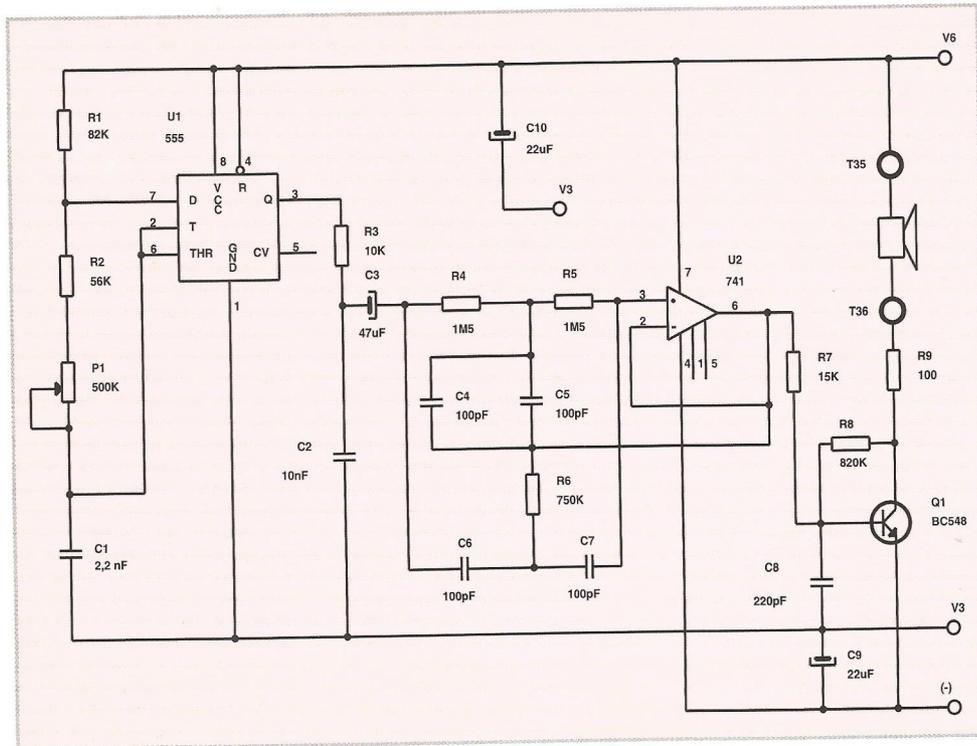
Il circuito è abbastanza stabile, ma deve essere alimentato simmetricamente: possiamo farlo facilmente alimentandolo con una pila. Il filtro è costituito dai componenti citati e dall'amplificatore operazionale 741. Il resto del circuito ha una funzione ausiliaria: ci consente di verificare a orecchio che il filtro funziona senza dover utilizzare strumenti vari. Se disponete di un generatore, potete applicare al condensatore C3 un tono di circa 1 kHz, prendendo come massa V3 e misurando con l'oscilloscopio l'uscita nel terminale 6 del circuito integrato 741. Continuiamo, però, con la descrizione del circuito. Il condensatore C3 viene collegato a un oscillatore astabile realizzato con un 555; quando viene generata un'onda quadra, si filtra col condensatore C2.

Questo oscillatore lavora a una frequenza di circa 1 kHz, e a quelle vicine, sia al di sopra che al di sotto di questa frequenza. Il transistor di uscita Q1 amplifica il segnale di uscita di modo che lo possiamo ascoltare comodamente dall'altoparlante.

La verifica

Collegando l'alimentazione, potremo ascoltare all'altoparlante un suono: è il segnale generato dall'oscillatore astabile che stiamo verificando. Il segnale attraversa il filtro, viene amplificato e, quindi, generato attraverso l'altoparlante. Ruotando il cursore del potenziometro P1, avremo diverse frequenze; muovendolo lentamente e avvicinandoci approssimativamente a 1 kHz, il livello del suono si abbasserà di molto.

Aumenterà, invece, ruotandolo da una parte o dall'altra rispetto a 1 kHz, perché variamo

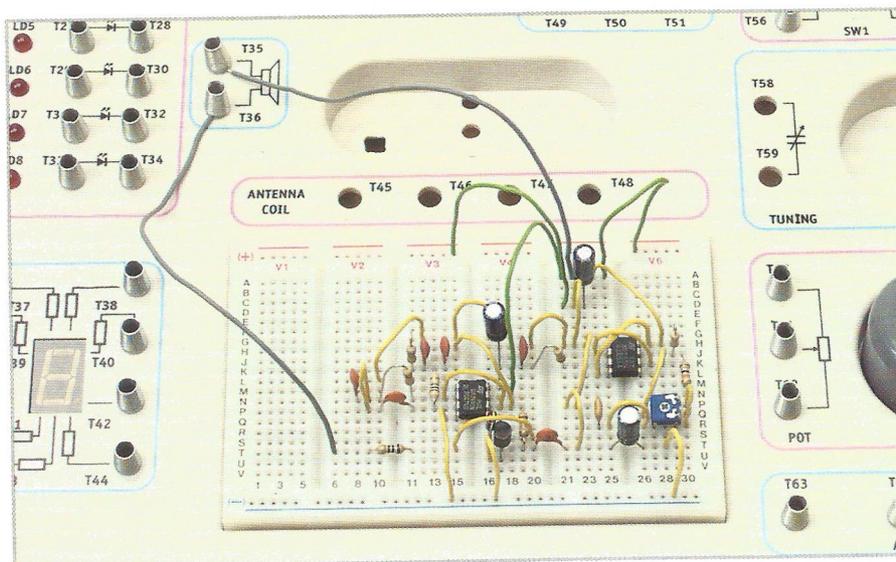
Filtro a eliminazione di banda

COMPONENTI	
R1	82 K
R2	56 K
R3	10 K
R4, R5	1M5
R6	750 K
R7	15 K
R8	820 K
R9	100 Ω
P1	500 K
C1	2,2 nF
C2	10 nF
C3	47 µF
C4,C5,C6,C7	100 pF
C8	220 pF
C9,C10	22 µF
Q1	BC548
U1	555
U2	741
ALTOPARLANTE	

la frequenza e ci spostiamo dalla banda di "filtraggio".

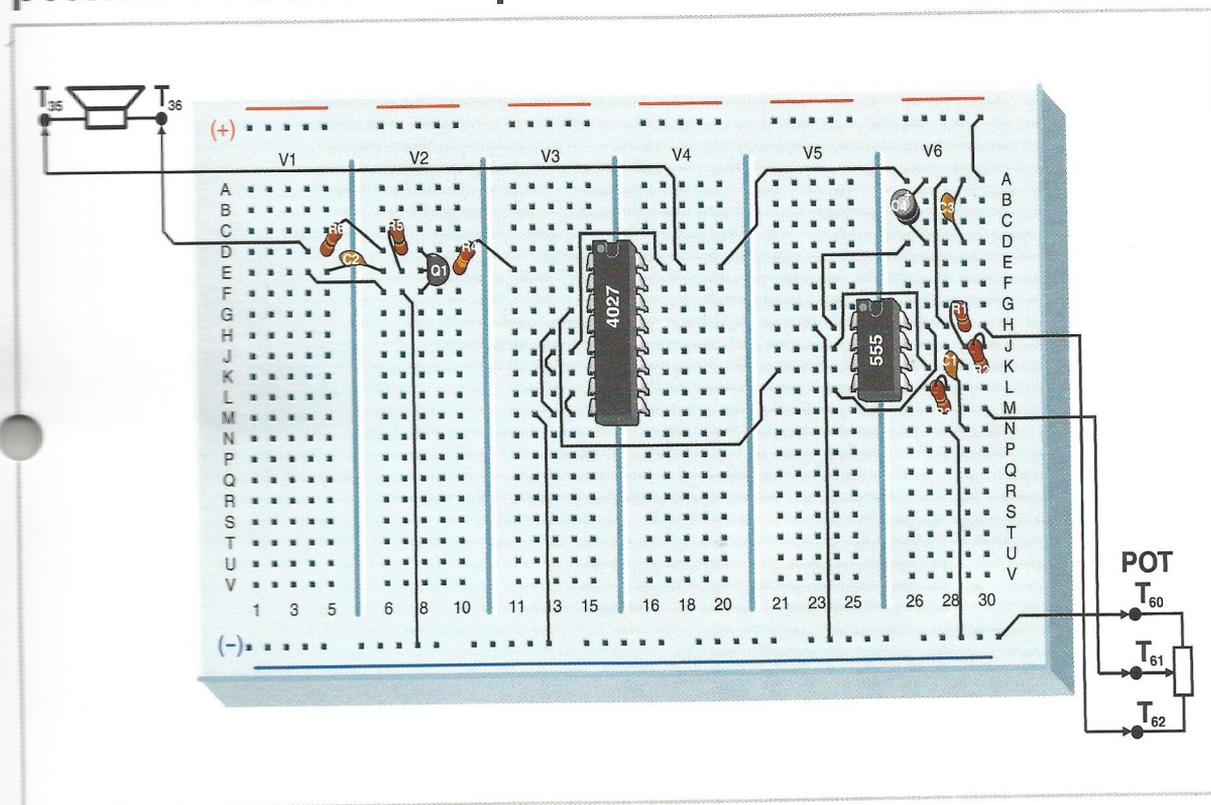
Problemi

Se il circuito non dovesse funzionare, dobbiamo controllare i cavi, gli inserimeneti degli stessi e dei componenti, i valori di ogni componente, sia di quelli appartenenti al filtro che di quelli appartenenti ai circuiti ausiliari utilizzati per la verifica.

Varianti

Il valore dei componenti può essere cambiato, anche se di poco, perché dobbiamo tenere conto delle relazioni esistenti tra gli elementi di cui abbiamo parlato all'inizio. Possiamo, per esempio, cambiare la resistenza, aggiungendo a R4 e a R5 delle resistenze in serie da 100K e a R6 da 47K, in modo da poter osservare cosa succederà. In ogni caso, dobbiamo tenere ben presente che se si utilizzano valori molto diversi rispetto a quelli originari, il circuito smetterà di funzionare come filtro attenuatore di banda.

Filtro attenuatore di banda da 1 kHz.

VCO a frequenze udibili

Utilizzando l'entrata di modulazione, possiamo variare la frequenza di uscita del 555.

Il circuito come segnale d'entrata ha una tensione continua che varia tra 0 Volt e la tensione di alimentazione. In tutta la scansione, mano a mano che variamo la tensione d'entrata, otteniamo una diversa frequenza di uscita. Quando sta all'interno della banda udibile, è possibile ascoltarla all'altoparlante.

Il montaggio

Nello schema del circuito possiamo vedere due parti chiaramente differenziate. Da una parte abbiamo il circuito a sinistra, che è un oscillatore astabile realizzato con un 555 che ha il terminale 5 (CV) collegato al terminale mobile del potenziometro. Mediante questa connessione moduliamo il segnale del 555 e otteniamo alla sua uscita (terminale 3) un segnale la cui frequenza dipende dalla posizione del cursore del potenziometro. La frequenza dell'onda quadra in uscita si divide in due per mezzo del flip-flop T: in questo modo otteniamo alla sua uscita un'onda quadra divisa per due, anche se la frequenza è diversa, e la sua uscita sarà collegata a un piccolo amplificatore realizzato da un transistor collegato con un altoparlante, cosicché potremo sentire suoni di diversa frequenza.

La frequenza di uscita dipende direttamente dal livello di tensione

Modulazione del 555

Come abbiamo avuto modo di dire, il circuito sarebbe un astabile normale, nel quale potremmo variare la frequenza del segnale di uscita se avesse il terminale 5 libero. Questo terminale si chiama entrata di modulazione e ci consente di modulare l'uscita, cioè di cambiarne la frequenza. Quando mettiamo a zero il terminale, il 555 funziona come un astabile normale, tuttavia, quando applichiamo al terminale un preciso livello di tensione, la frequenza di uscita varia. A tale scopo colleghiamo questo piedino all'uscita di un potenziometro, per ottenere una tensione variabile e, di conseguenza, una frequenza variabile all'uscita 3.

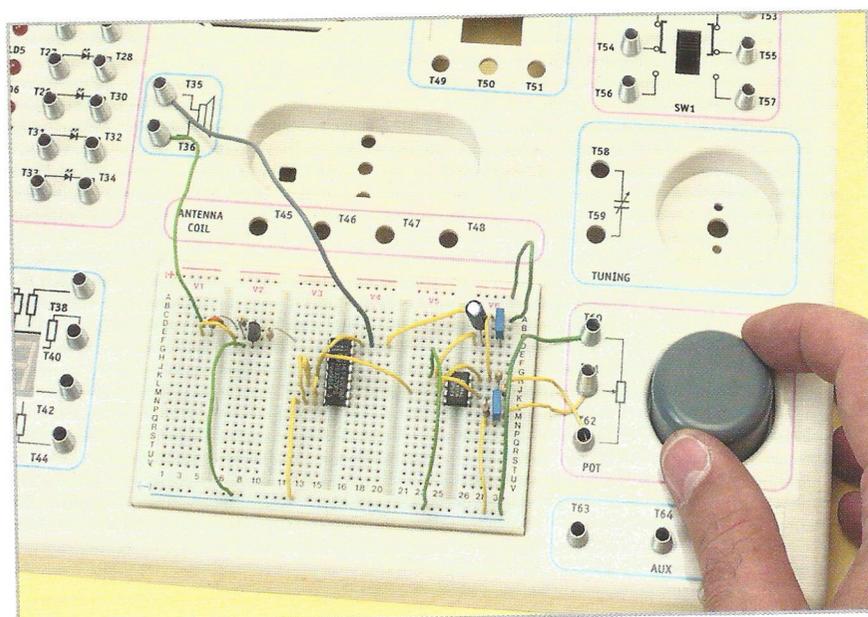
VCO a frequenze udibili

COMPONENTI	
R1, R3	10 K
R2	1K
R4	33 K
R5	1M
R6	100 Ω
C1	220 nF
C2	1 nF
C3	100 nF
C4	47 µF
Q1	BC548
U1	555
U2	4027
ALTOPARLANTE	
POTENZIOMETRO	

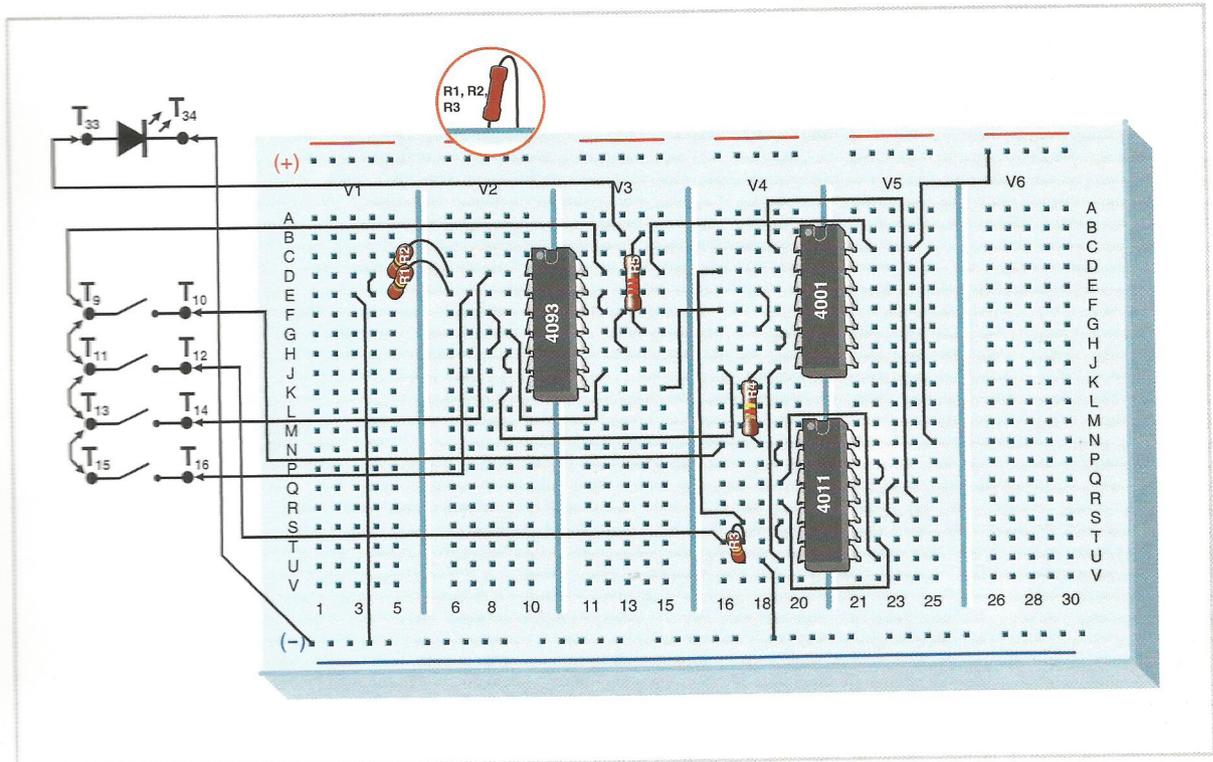
Accensione

Una volta montato tutto il circuito, dovremo connetterlo all'alimentazione cosicché possa funzionare direttamente. Tutte le frequenze possono essere percepite a orecchio, per cui, per avere una frequenza che risulti, in maggior o minor misura, gradevole, potremo regolarla grazie al potenziometro POT. Se il circuito non dovesse funzionare dopo aver collegato l'alimentazione, la scollegheremo immediatamente e verificheremo, dapprima, l'alimentazione di ogni integrato e, poi, che il collegamento del transistor sia stato ben realizzato.

Esperimenti

Il circuito non ci offre molte possibilità di effettuare degli esperimenti. In primo luogo, possiamo variare il valore del condensatore C1 e quello delle resistenze R1 e R2, per poter ottenere una gamma diversa delle frequenze di uscita. Sappiamo che, sempre che aumentiamo una qualche resistenza o un qualche condensatore, avremo una frequenza minore; perché sia maggiore dobbiamo diminuire le resistenze o i condensatori o entrambi. Possiamo anche fermare, o attivare, il circuito e per far ciò dobbiamo solamente mettere a massa il terminale 4 del 555. Questa operazione provocherà un RESET che bloccherà l'oscillatore.

VCO con 555. U2 divide in due la frequenza.

Circuito combinatorio (I)

Controllo logico per l'avviamento di un'autovettura.

Il circuito è un'applicazione che potrebbe essere reale; essa deve soddisfare una serie di condizioni relative al conduttore, al passeggero e alle loro cinture di sicurezza perché il veicolo possa mettersi in marcia. Vedremo come, a partire dalle condizioni imposte, riusciremo a ottenere l'equazione logica dalla quale passeremo direttamente al circuito logico.

Il problema

Realizzeremo il circuito dal punto di vista del progettuale. Supponiamo di avere un'autovettura che parte solo quando le cinture del guidatore e del passeggero siano allacciate. Se non dovesse esserci un passeggero, lo stato della sua cintura non dovrebbe impedire che la vettura si avvii, se non dovesse esserci un passeggero, cioè, dovrebbe essere indifferente che la sua cintura sia allacciata o meno. Perché l'automobile parta, inoltre, è necessario girare la chiave di avviamento. Pertanto, solo se tutte queste condizioni si compiono, potremo avviare il motore del veicolo.

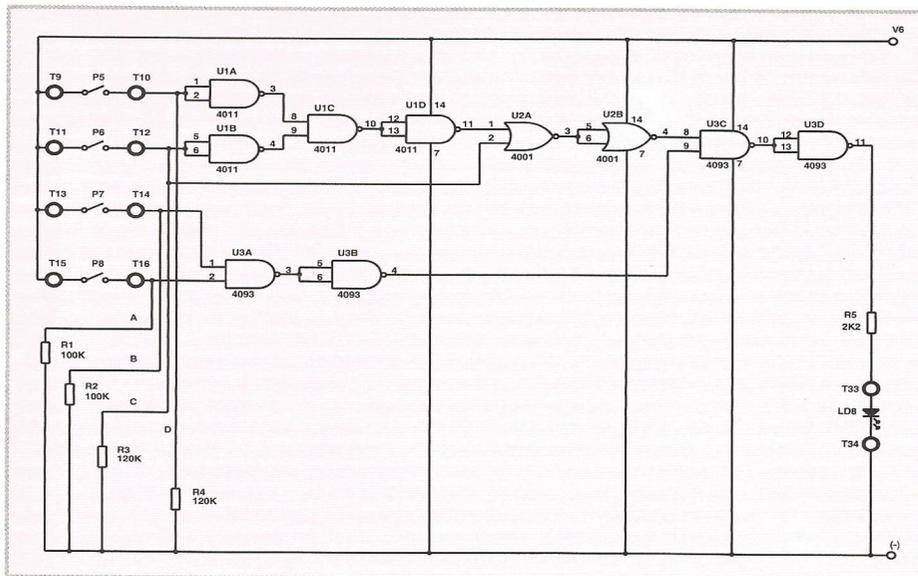
Ogni variabile verrà rappresentata da un pulsante

Progetto

Analizziamo le variabili del nostro sistema. Innanzitutto, è chiaro che la chiave serve ad attuare il contatto per poter avviare il motore, e ciò costituisce la variabile (A): chiave di accensione. Il guidatore, per poter avviare il motore deve avere la cintura allacciata, che sarebbe la variabile (B): cintura del guidatore. Adesso dobbiamo considerare il caso in cui ci sia un passeggero: se c'è, dovrebbe allacciarsi la cintura, mentre se non c'è, la cintura può rimanere inutilizzata. Abbiamo, quindi, altre due variabili: (C), cintura del passeggero e (D), passeggero. Adesso siamo nella condizione di poter realizzare la tavola delle verità: metteremo un '1' quando la variabile si compie e uno '0' quando non si verifica.

Raggiungimento dell'equazione

Per questo argomento conviene consultare il capitolo teorico "Logica combinatoria": adesso otterremo direttamente l'equazione di uscita in mintermini, perciò, una delle tre uscite sarà prodotto delle variabili. In seguito considereremo un

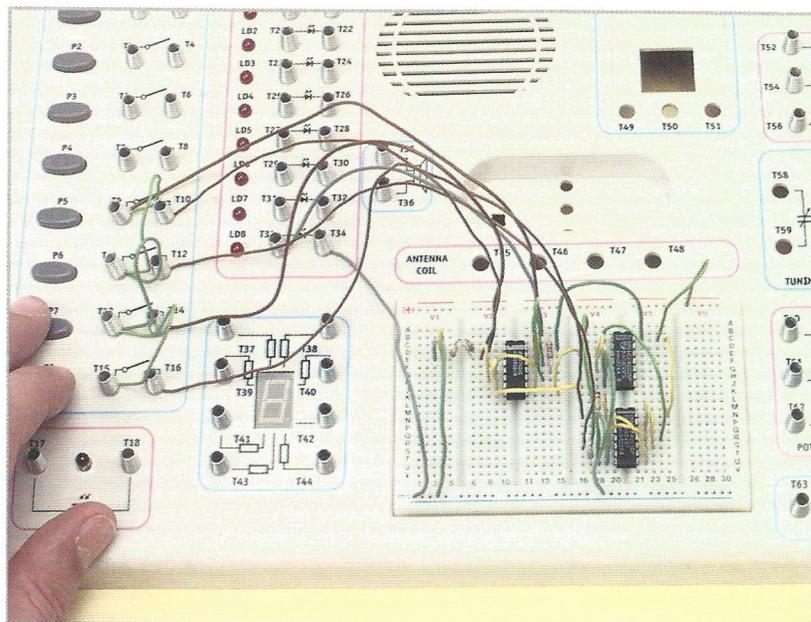
Circuito combinatorio (I)

COMPONENTI	
R1, R2	100 K
R3, R4	120 K
R5	2K2
U1	4011
U2	4001
U3	4093
LD8	
P5 a P8	

fattore comune alle variabili A, B e C tra il primo fattore e l'ultimo. Poi, considereremo un fattore comune alle variabili A e B ottenendo l'equazione risultante, di cui possiamo vedere l'espressione in basso nello schema elettrico.

TAVOLA DELLE VERITA'

A	B	C	D	S
1	1	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1

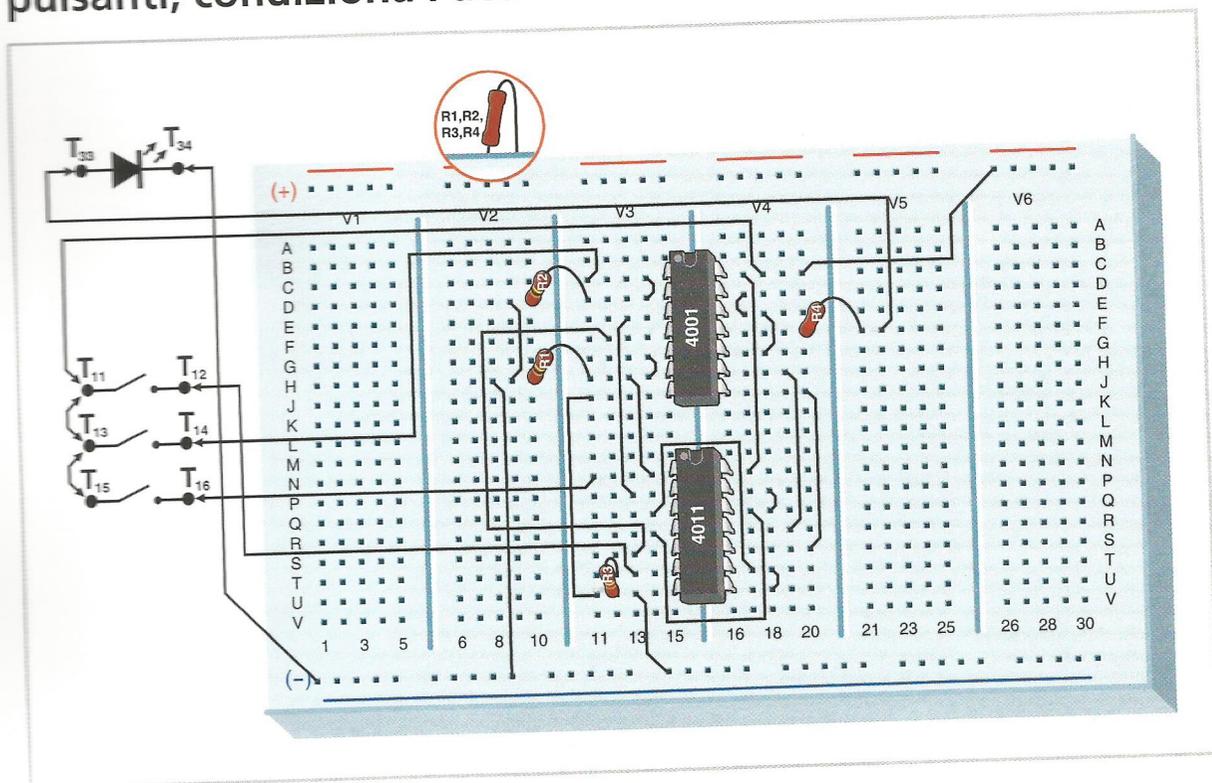
Il circuito

La realizzazione del circuito passa obbligatoriamente per l'implemento mediante le porte AND dei prodotti e per le porte OR delle somme. Posto che ciò di cui disponiamo sono le porte AND e OR, ne invertiremo le uscite e avremo, così, le porte necessarie. Ciascuna delle variabili del circuito viene simulata per mezzo di un pulsante, di modo che in stato di riposo sarà sempre a zero, mentre attivato sarà sempre a uno. Così, alle entrate invertite dovremo solamente applicare un invertitore.

Ogni pulsante rappresenta una variabile d'entrata.

Verifica

Una volta montato il circuito, dovremo verificare tutte le possibilità che possono presentarsi premendo tanti pulsanti quante sono, appunto, le variabili a '1' esistenti nella fila che stiamo verificando. Si osservi che nelle altre dodici possibili combinazioni delle entrate, l'uscita sarà sempre a '0'.

Circuito combinatorio (II)

Quando si verificano determinate combinazioni dei tre pulsanti, condiziona l'accensione di un LED.

In questo esperimento, andremo a progettare un circuito nel quale, mediante tre interruttori, controlleremo lo stato d'accensione e di spegnimento di una lampadina in funzione di una serie di condizioni che imporremo al sistema. In pratica, sostituiremo gli interruttori con dei pulsanti e la lampadina con un LED.

Il problema

Si tratta di accendere una lampadina per mezzo di tre pulsanti (A, B e C) soddisfacendo le seguenti condizioni:
A premuto, B e C in riposo.
A in riposo, B e C premuti.
A e C premuti, B in riposo.
Supponiamo che il pulsante premuto valga '1', mentre quando è in stato di riposo valga '0'.

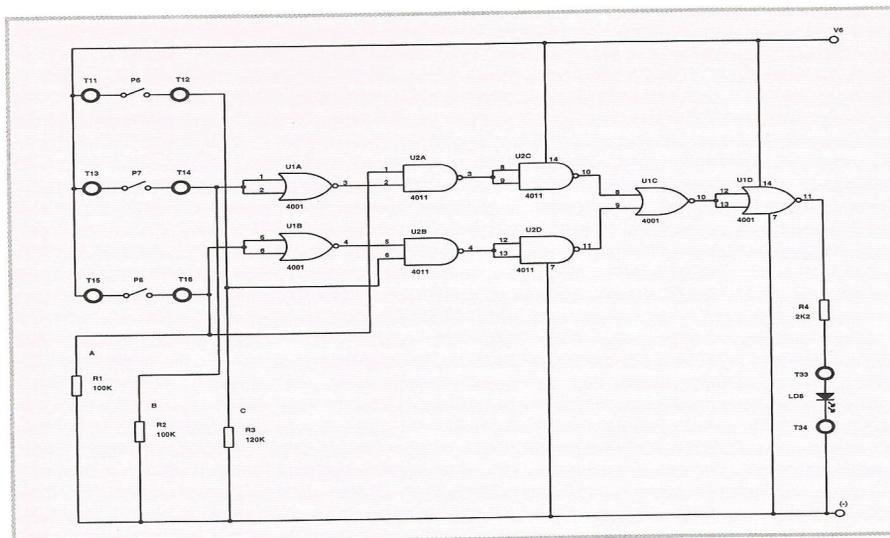
Progetto

In questo caso, non c'è niente che possa far sorgere dei dubbi riguardo al numero di variabili d'entrata che il nostro montaggio dovrà avere. Le variabili saranno tre: A, B e C con un'unica uscita S. Una volta che tutte le variabili siano chiare, si può realizzare la tavola della verità – la realizzeremo con combinazioni in minitermini – per cui prenderemo in esame solamente le uscite che abbiano come valore '1'.

Conseguimento dell'equazione

Otterremo l'equazione dell'uscita direttamente dalla tavola delle verità. Dato che solamente le uscite sono attivate, a '1' cioè, l'equazione di uscita sarà la somma dei quattro addendi – prodotto delle variabili A, B e C. Dobbiamo dire che si potrebbe aver posto il resto della tavola, la cui uscita sia sempre '1' prima di qualsiasi combinazione d'entrata, usando dei maxitermini per ottenere l'equazione di uscita. Possiamo semplificare notevolmente l'equazione togliendo i fattori comuni e tenendo conto del fatto che una variabile sommata alla medesima variabile invertita dà come risultato sempre '1' – è una proprietà. Tutto ciò è logi-

Nella tavola vengono indicate solamente le combinazioni che all'uscita danno '1'

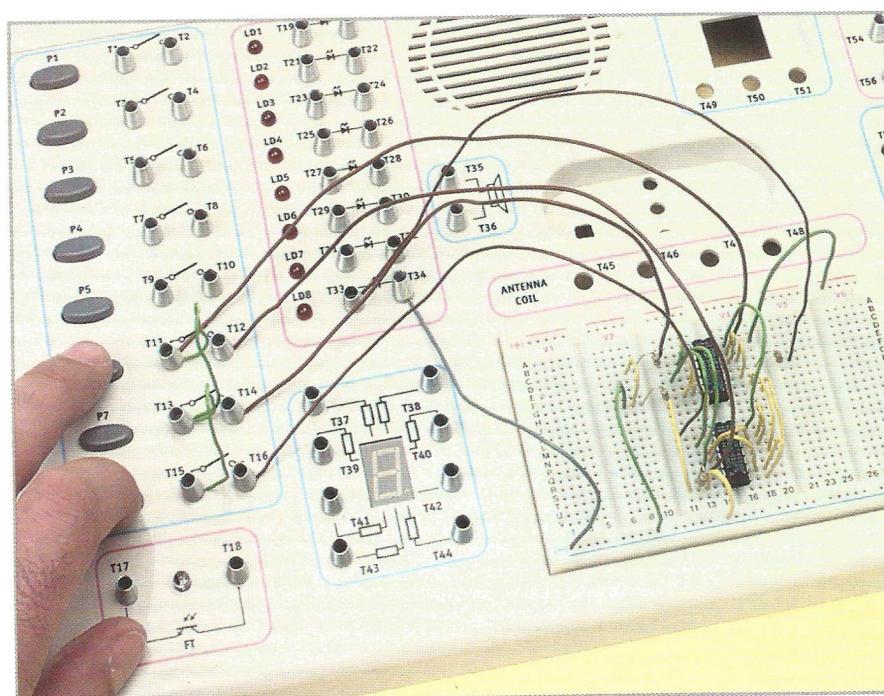
Circuito combinatorio (II)

COMPONENTI	
R1, R2	100 K
R3	120 K
R4	2K2
U1	4011
U2	4001
LD8	
P6 a P8	

co, dato che una delle due (normale o invertita) sia sempre '1' e che l'uscita sia sempre a livello alto. Per chi abbia già afferrato questi argomenti sarà semplice da capire, gli altri dovranno faticare un po' di più.

Il circuito

Nel montaggio del circuito si utilizzano tutte le porte dei due circuiti integrati. Come invertitori delle entrate vengono usate le porte NOR (U1A e U1B). Per realizzare le due porte AND si usano porte NAND (U2A e U2B) con l'uscita invertita da un'altra NAND (U2C e U2D). La porta OR che effettua la somma dei due termini dell'equazione si realizza a partire da una porta NOR (U1C) a cui viene invertita l'uscita (U1D).

TAVOLA DELLE VERITA'

A	B	C	S
1	0	0	1
0	1	1	1
0	0	1	1
1	0	1	1

Gli stati d'entrata che non sono stati inclusi nella tavola hanno come uscita '0'.

Verifica

Una volta montato il circuito, dobbiamo verificare tutte le combinazioni cui i tre pulsanti possono dare luogo.

Circuito combinatorio (III)

Controllo di una lampadina mediante due pulsanti.

In questo caso, controlliamo mediante due pulsanti l'accensione di una lampadina. Si accenderà quando una serie di condizioni concernenti i pulsanti verranno soddisfatte. Questo tipo di controllo potrebbe venire esteso anche a un motore elettrico, a un nastro trasportatore o a qualunque altro circuito.

Il problema

Controlleremo la lampadina, che nel nostro caso è un LED, mediante due pulsanti, di modo che siano soddisfatte le seguenti condizioni:

– A e B in stato di riposo, lampadina spenta.
– A attivato e B in stato di riposo, lampadina accesa.
– A in stato di riposo e B attivato, lampadina accesa.
– A e B azionati, lampadina spenta.

Progetto

Dedurre le variabili non è complicato, dato che si tratta soltanto di due pulsanti che pilotano la lampadina: A e B. In stato di riposo, i pulsanti applicano uno '0' al circuito, mentre se sono attivati un '1'. Con questi pochi dati e con le tavole precedenti siamo in grado si produrre la tavola delle verità.

Ottenere le variabili costituisce il primo passaggio

Come comporre l'equazione

Per comporre l'equazione di uscita dobbiamo tenere conto solamente delle entrate che avranno come valore di uscita '1'. Se applichiamo la Legge di Morgan, che abbiamo già avuto modo di conoscere, e invertiamo per due volte l'equazione, quest'ultima non cambia. Dividiamo una delle due inversioni in due e la sommiamo all'altra; la somma si converte in prodotto. In questo modo convertiamo l'equazione in porte NAND.

Realizzando l'operazione di cui abbiamo appena parlato, possiamo fare in modo che il circuito utilizzi solamente porte di un unico tipo; nel caso che abbiamo considerato, porte NAND.

Il circuito

Ottenuta l'equazione finale, il montaggio del circuito risulterà semplicissimo, perché

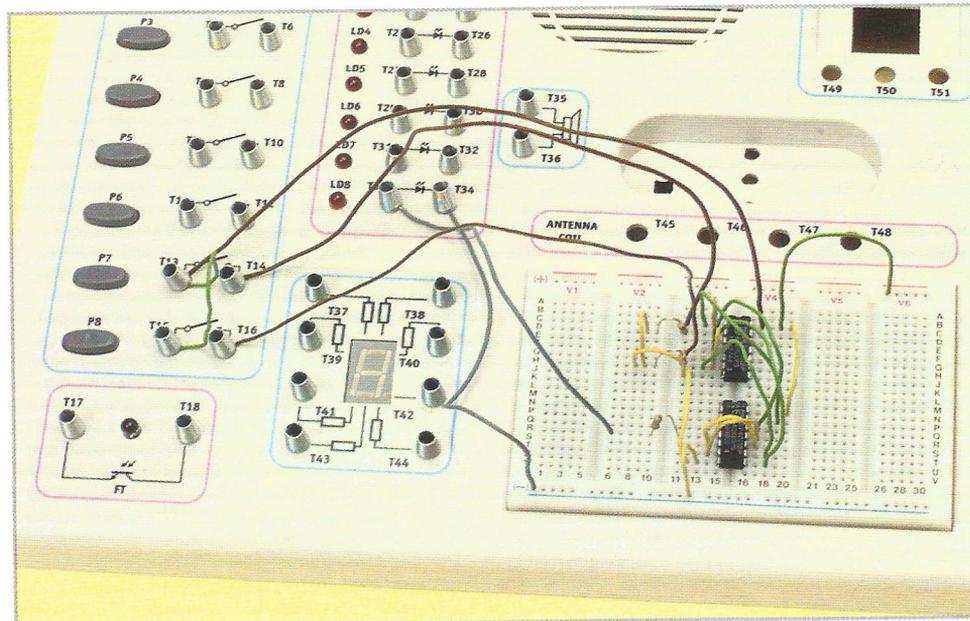
Circuito combinatorio (III)

COMPONENTI	
R1, R2	100 K
R3	2K2
U1	4001
U2	4011
LD8	
P7 y P8	

avremo bisogno solamente di porte NAND. In questo caso, sono state utilizzate anche porte NOR, come invertitori. Se osserviamo il circuito, possiamo notare che esso è completamente simmetrico: i due operandi della funzione, cioè, hanno esattamente lo stesso numero di porte. La porta NAND, U2C, fornirà il prodotto finale.

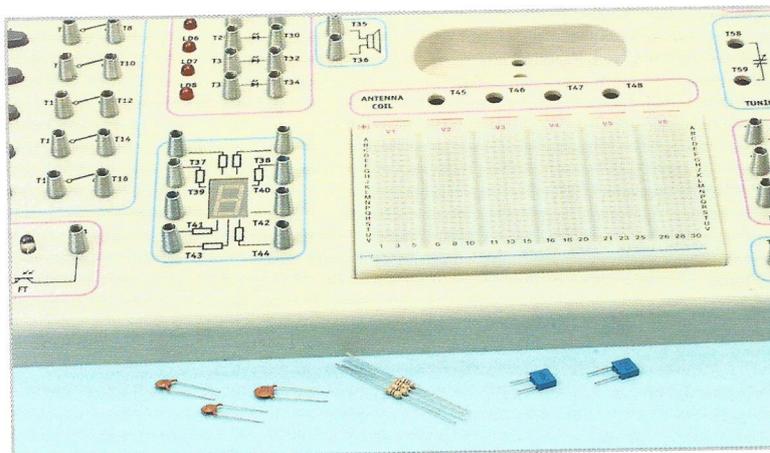
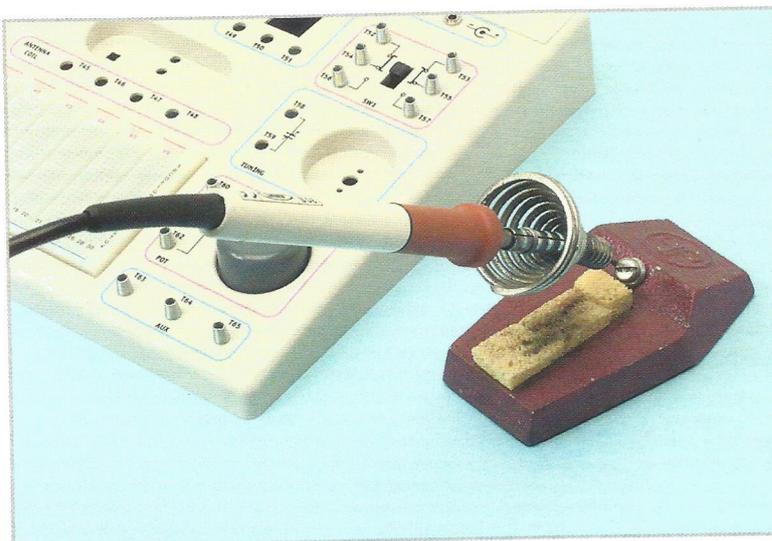
TAVOLA DELLE VERITA'

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

In stato di riposo, le entrate sono a basso livello grazie alle resistenze R1 e R2.

Verifica

Realizzato il circuito e sicuri che le alimentazioni dei circuiti integrati siano state perfettamente collegate, verificheremo la tavola della verità. La funzione dell'uscita equivale a quella di una porta OR esclusiva, di una porta, cioè, in cui l'uscita vale '1' solamente quando una delle entrate è a livello alto.

Consigli per la saldatura

Abbiamo già spiegato come saldare, ma conviene ripassare alcune nozioni e impararne altre.

1 Possiamo utilizzare il laboratorio per portare a termine molti esperimenti, ma, se disponiamo di un saldatore, possiamo effettuare anche piccole riparazioni per la casa.

2 Il supporto è sicuramente il posto più adeguato per riporre il saldatore: è ben visibile ed evita incidenti. Aiuta, inoltre, a eliminare parte del calore generato.

Trucchi

La punta del saldatore raggiunge temperature elevatissime, dell'ordine di circa 300° C e può danneggiare cose e persone se lo si utilizza senza prendere le dovute precauzioni. Si deve prevedere un adeguato supporto su cui collocare il saldatore quando non lo utilizziamo, inoltre, lo dobbiamo collegare solo quando risulti necessario. Se non disponiamo di un supporto e utilizziamo poco il saldatore, possiamo impiegare un posacenere o un altro supporto isolante, ma facendo moltissima attenzione a non farlo scivolare.

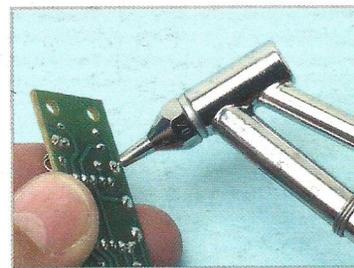
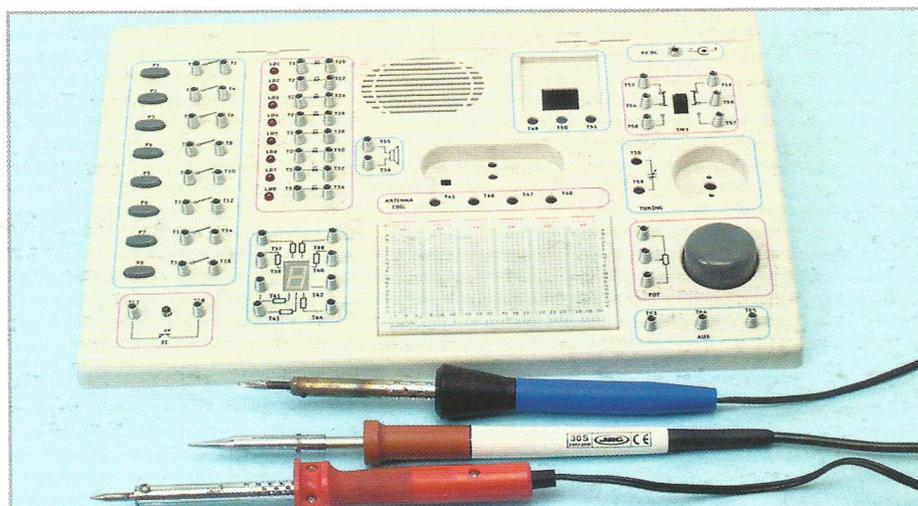
Consigli per la saldatura

3 Quando appoggiamo il saldatore sul tavolo senza alcun tipo di supporto che ne limiti il movimento, esso potrebbe muoversi quando tocchiamo questo o quel cavo e produrre delle bruciature.

4 Il saldatore può provocare un incendio se lasciato vicino a liquidi infiammabili come l'alcool, la vernice o lo smalto per le unghie.

5 La spugna che si usa per pulire la punta del saldatore deve essere ben inumidita con dell'acqua, così che non si bruci.

6 La punta del saldatore va pulita con la spugna, non va mai limata perché si rovinerebbe lo strato di finitura superficiale.

7 La punta del saldatore, dopo la pulizia, brilla a causa dello stagno che ad essa aderisce, ma la sporcizia rimane attaccata alla spugna.

8 Disporre di un piccolo dissaldatore, risulta utilissimo per effettuare delle piccole riparazioni e per eliminare lo stagno dalle saldature.

9 Il saldatore è un buon complemento del laboratorio e degli attrezzi ed è quasi indispensabile in casa.